

# Применение параллельных вычислений для расчёта акустического поля многоэлементных фазированных решёток

Заворотный Аким Юрьевич  
(студент 2-го курса)

научный руководитель:  
д.ф.-м.н. Хохлова В.А.  
физический факультет

# Структура работы:

1. Введение

2. Используемые методы

3. Результаты:

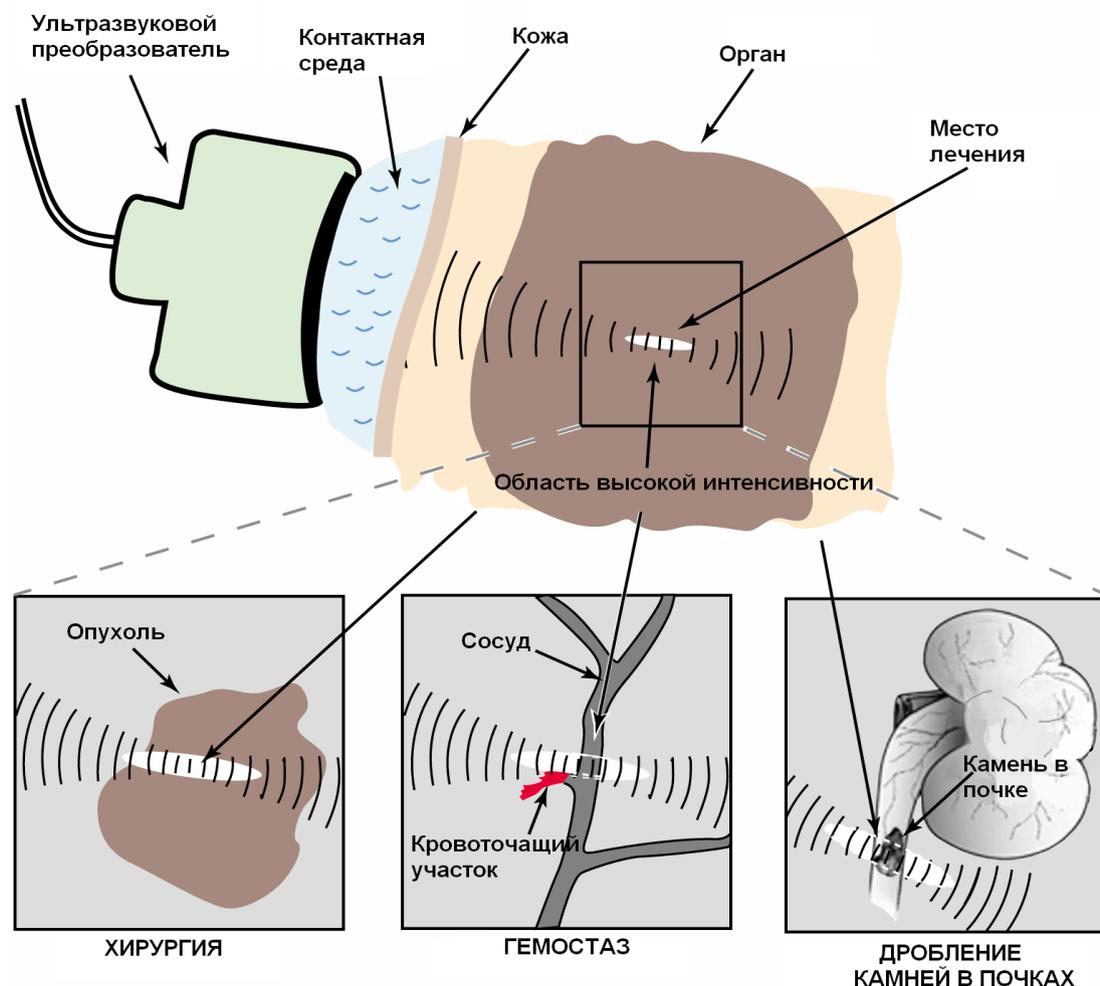
а) Расчет поля решетки

б) Анализ возможности ускорения расчета  
при использовании параллельных  
вычислений

4. Результаты работы

---

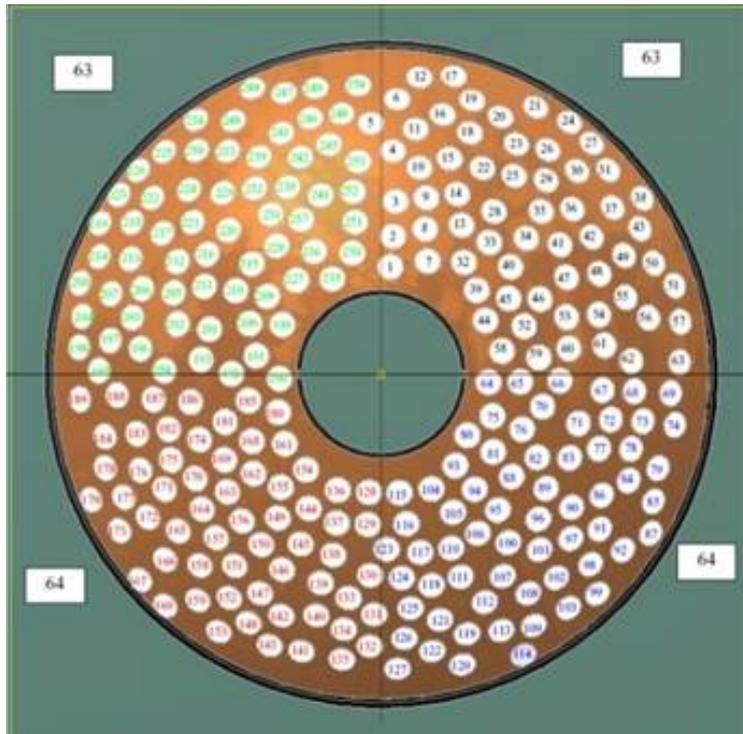
# Неинвазивная ультразвуковая хирургия:



## Области применения:

- Разрушение опухолей
- Лечение глаукомы
- Остановка кровотечений
- Разрушение камней в почках
- Пластическая хирургия
- Воздействие на ткани мозга

# Фазированные акустические решётки:



Преимущества над одноэлементными фокусирующими излучателями:

- Возможность выборочно использовать элементы поверхности
- Возможность создания множественных фокусов
- Возможность перемещения фокуса без перемещения излучателя

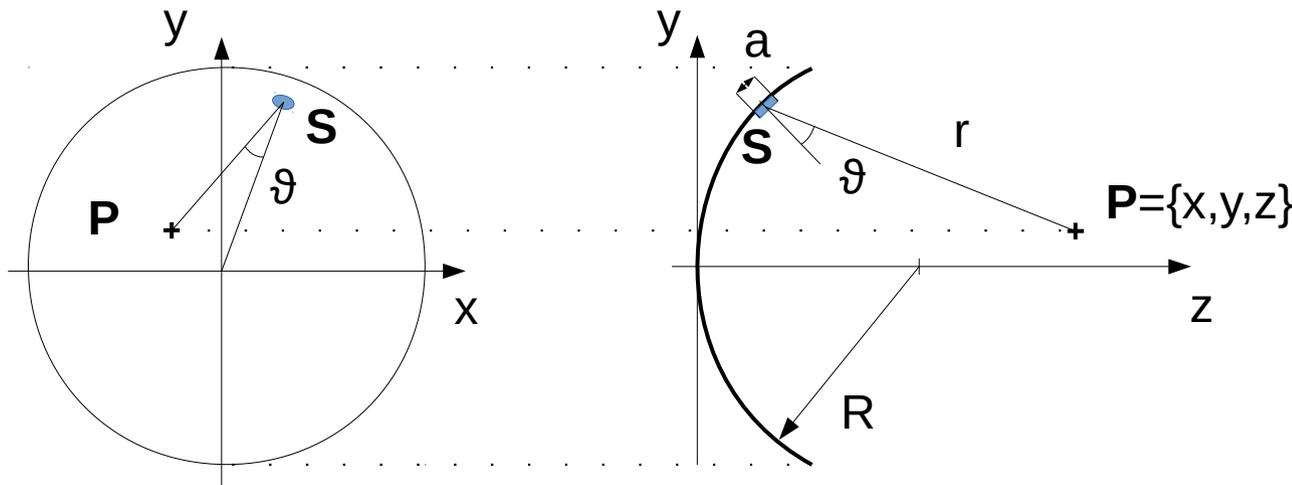
# Метод расчёта поля:

Использованные приближения:

- Расчёт производится в дальней зоне элемента:  $z_R = \pi \frac{a^2}{\lambda} = \frac{ka^2}{2} \ll R$
- Размер излучателя много меньше характерных размеров решётки

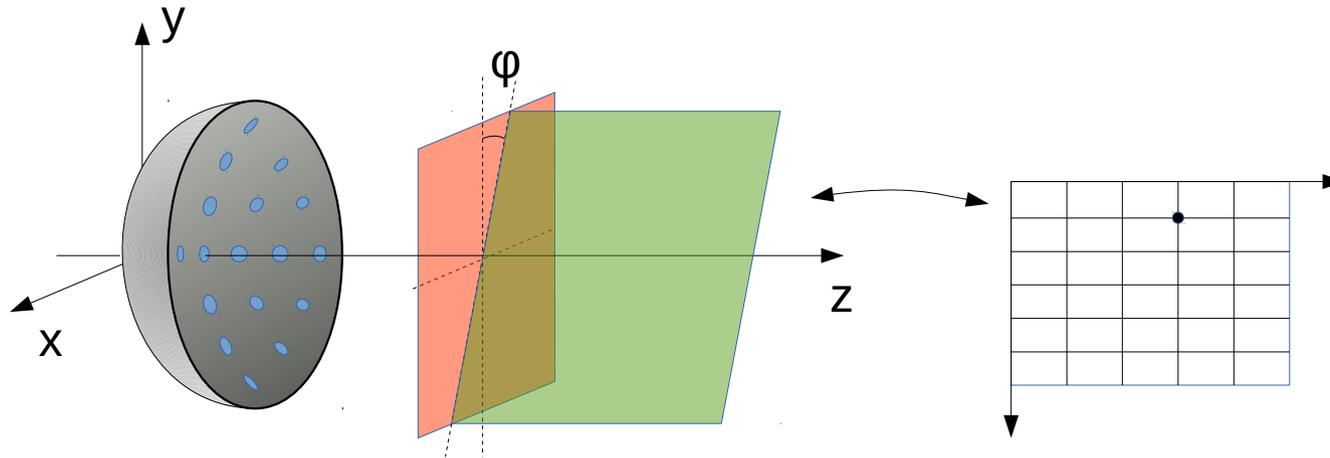
$P(\vec{r}, t) = \sum_i p_i(\vec{r}, t)$ ; – суммарное поле всех элементов

$$p_i(\vec{r}, t) = \frac{-i\omega\rho_0 e^{-i\omega t}}{2\pi} \int_S \frac{v_n(\vec{R}') e^{ikR}}{R} dS \Rightarrow p_i(\vec{r}, t) = \frac{i p_0 e^{ikr}}{r} \frac{2 J_1(ka \sin(\vartheta))}{ka \sin(\vartheta)};$$



$\rho_0$  – плотность среды,  
 $\omega$  – угловая частота колебаний,  
 $S$  – поверхность излучателя,  
 $v_n$  – скорость колебаний поверхности излучателя,  
 $R$  – расстояние от точки излучателя до точки наблюдения поля.

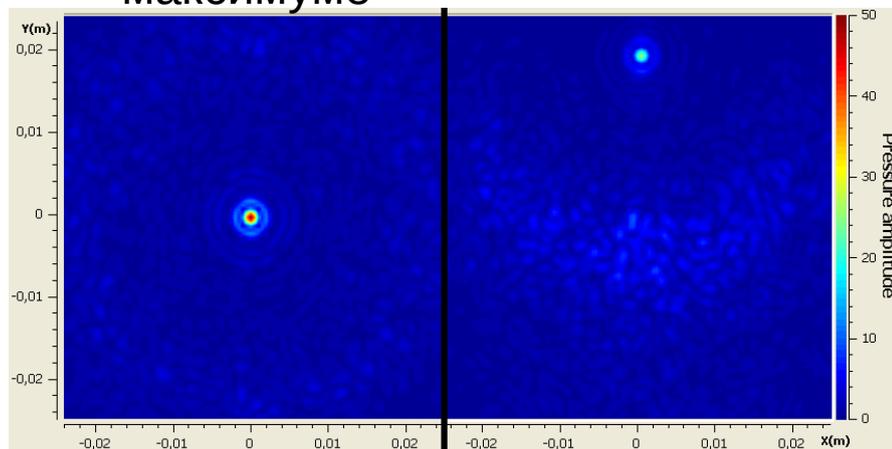
# Метод расчета поля: области расчета поля многоэлементной решетки:



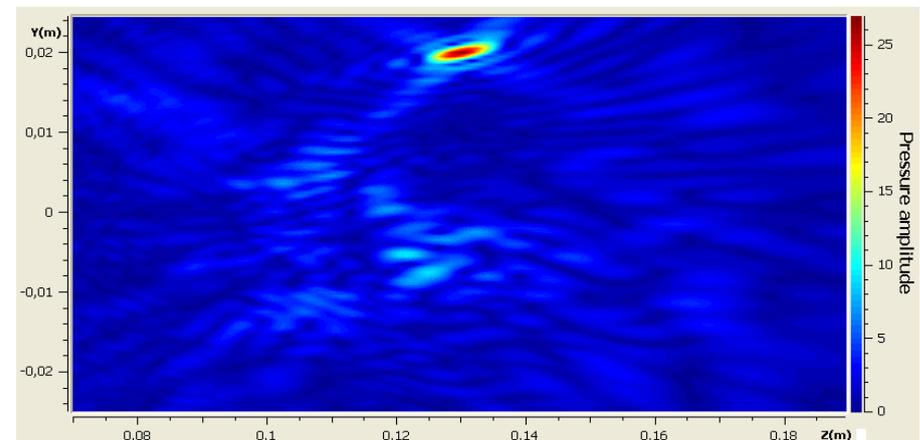
Для сетки 241x51  
 $z \in [6,5 \text{ см}; 18,5 \text{ см}]$ ,  
 $r \in [0 \text{ см}; 12 \text{ см}]$ :  
расчёт поля для более  
12000 положений  
фокуса!

Побочные эффекты, возникающие при смещении фокуса:

а) Уменьшение амплитуды в главном максимуме

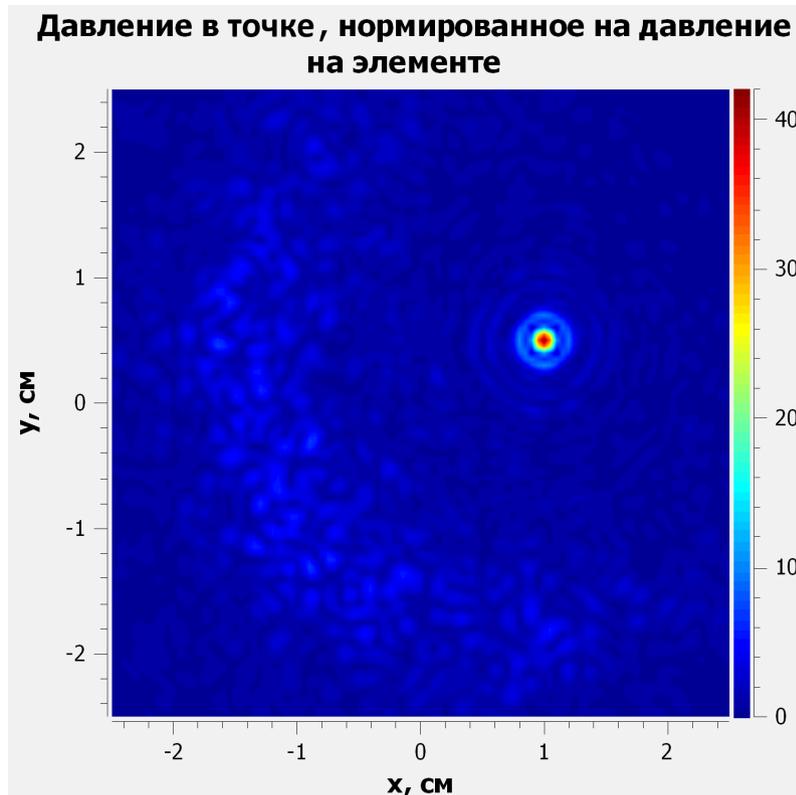


б) Появление побочных максимумов

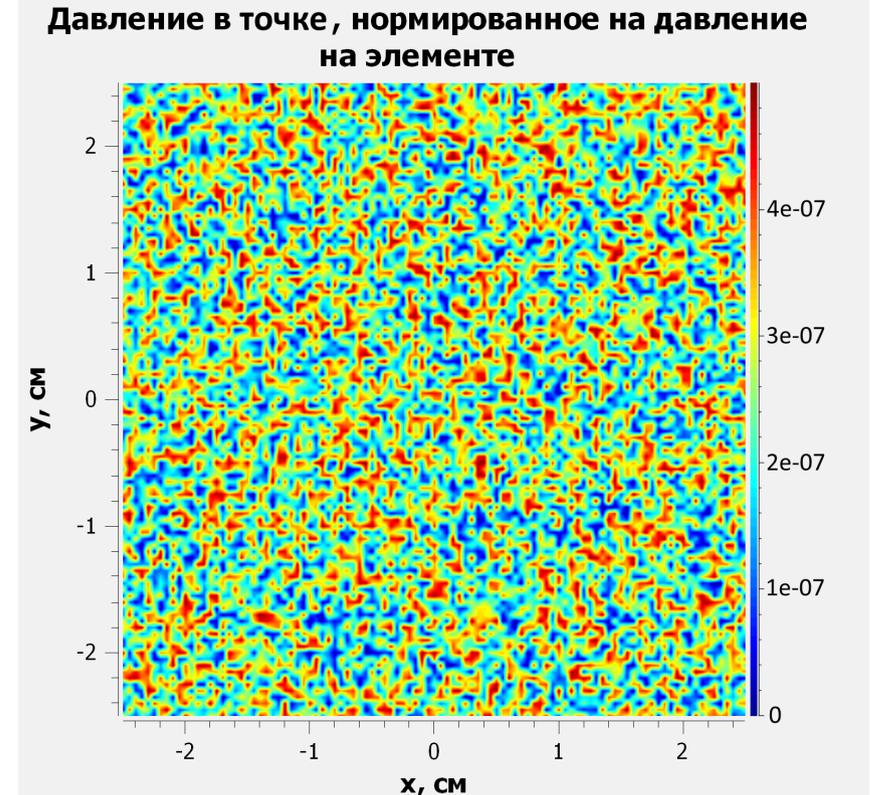


# Результаты работы программы: расчёт поля.

Фокус в положении (1 см; 0,5 см; R), нормальная плоскость:



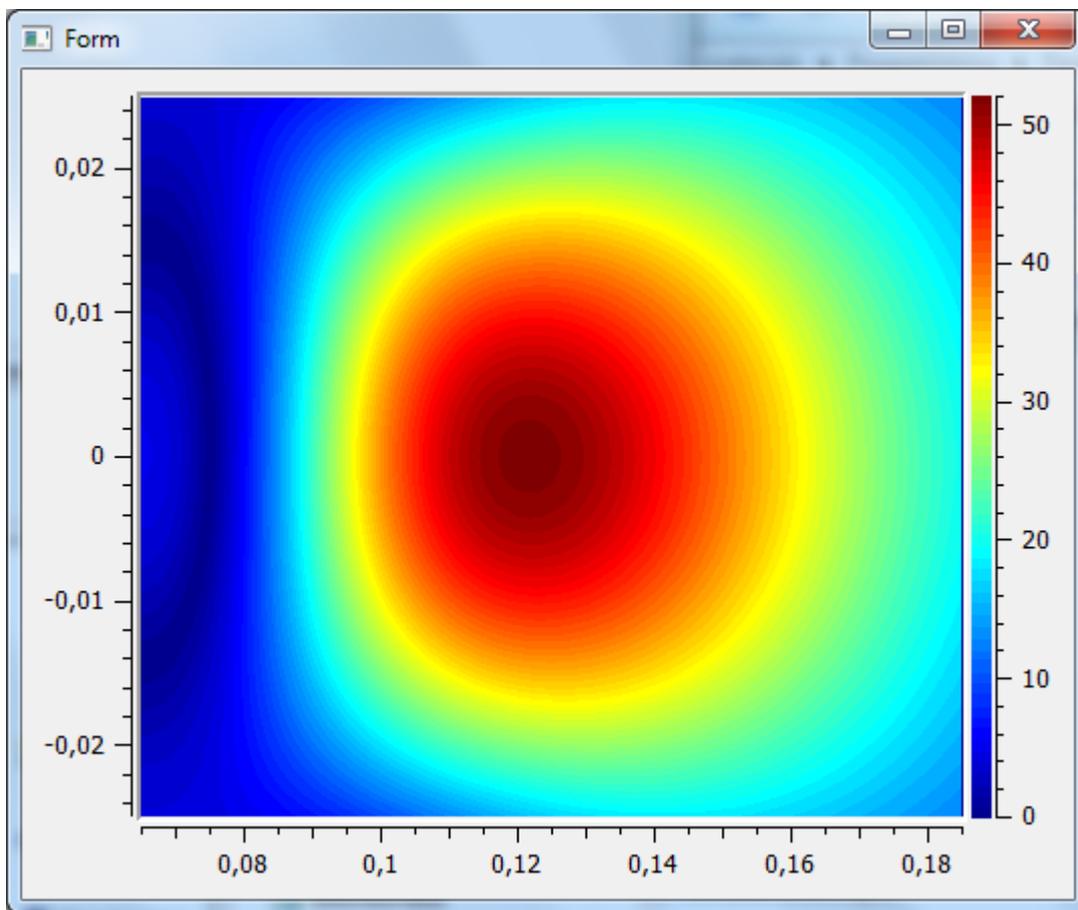
собственный результат



разница с T-Array

Вывод: Расчет поля решетки при динамической фокусировке проводится корректно.

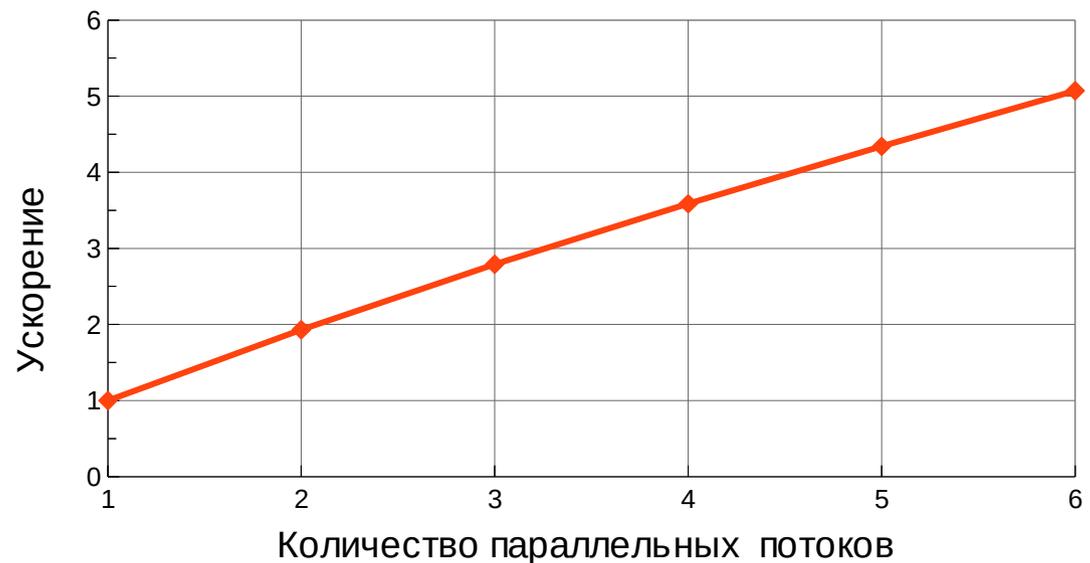
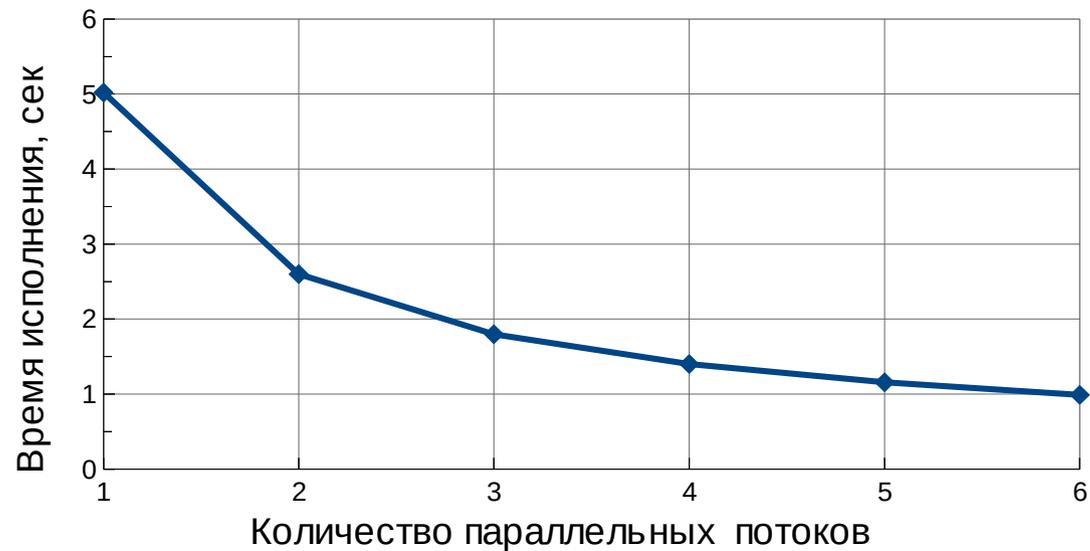
# Результаты работы программы: Анализ-1.



# Результаты работы программы: анализ быстродействия

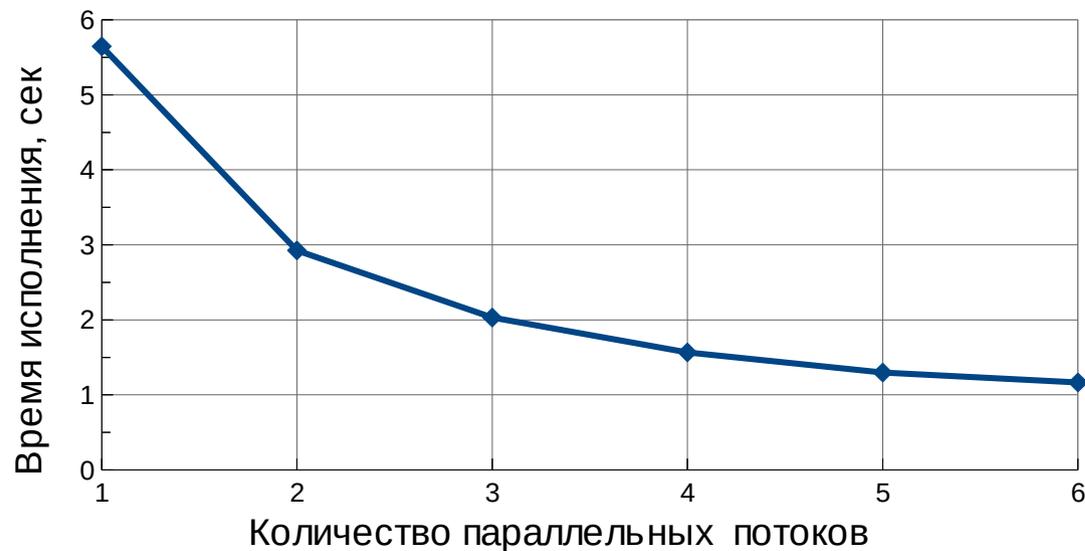
Вычисление поля:

96,3%  
параллельности

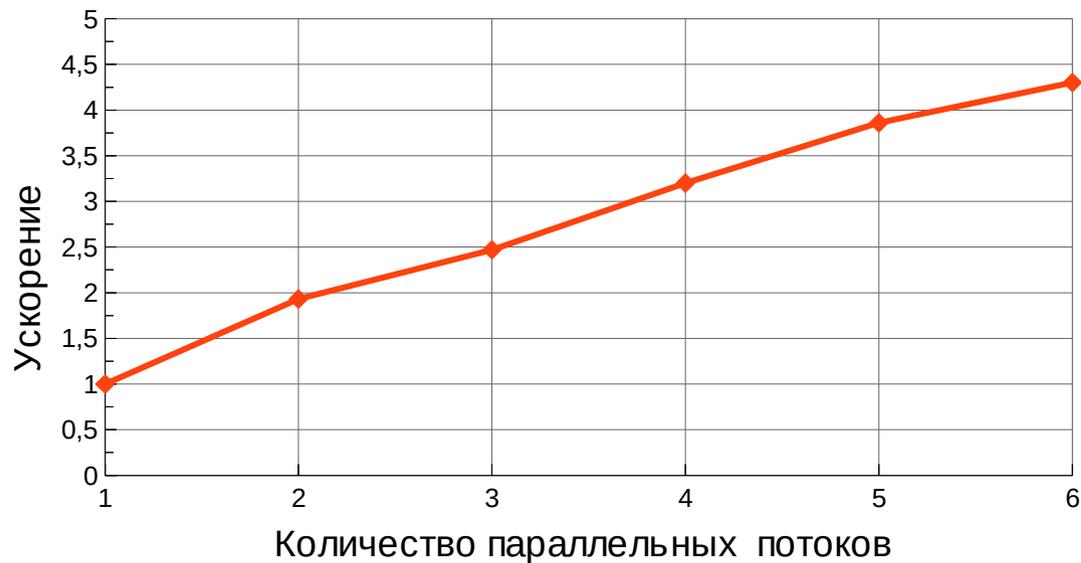


# Результаты работы программы: анализ быстродействия

Анализ-1:



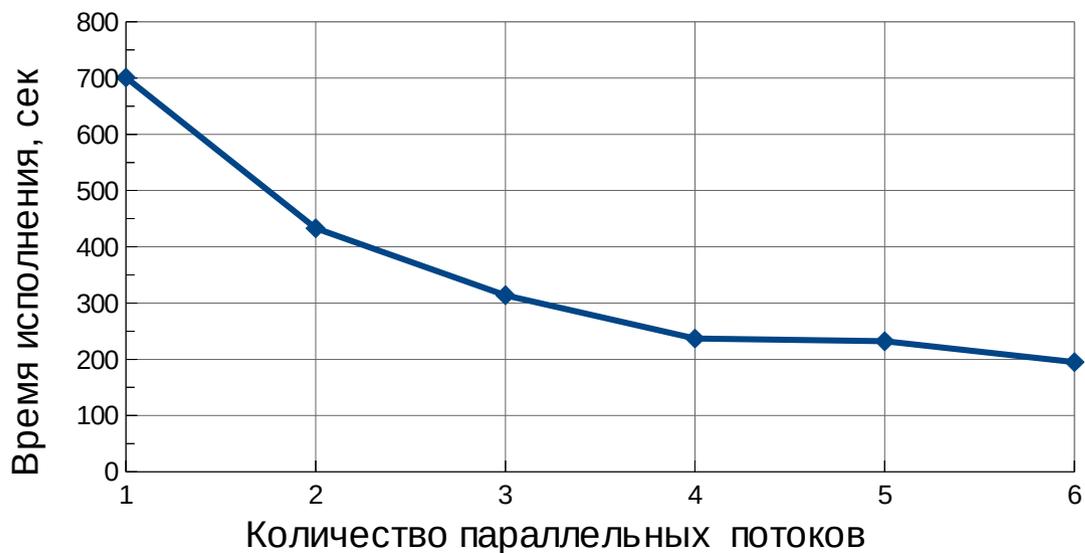
92,1%  
параллельности



# Результаты работы программы: анализ быстродействия

Анализ-2:

88,4%  
параллельности



## Результаты работы:

- Развѣт аналитический метод расчета поля многоэлементной фазированной решетки с применением параллельных вычислений и проведена оценка правильности его работы;
  - Исследована возможность ускорения процесса расчета поля в зависимости от количества параллельных потоков.
-

## Выводы:

- Методика анализа-2 малоэффективна в абсолютном выражении по времени, и может быть существенно доработана (см. Дополнение).
  - Область безопасного перемещения фокуса в большей степени определяется именно ограничениями на величину побочных максимумов.
  - Детальный расчёт анализа-2 принципиально возможен, но крайне времяёмок, и должен проводиться на кластерных системах/суперкомпьютерах.
-